

Comprendre les gyroscopes MEMS pour mieux les intégrer à vos projets

par M. Ulf Meriheinä, spécialiste des applications MEMS, Murata Electronics Oy

Les gyroscopes et accéléromètres MEMS sont présents dans beaucoup d'appareils électroniques grand public et sont désormais devenus un élément essentiel de la navigation automobile et des systèmes de régulation du comportement dynamique (ESP). Mais comment fonctionnent-ils et que doit savoir un ingénieur qui envisage d'intégrer un gyro MEMS à son produit ?

Les gyroscopes et accéléromètres que nous fabriquons utilisent la technique de détection capacitive, dans laquelle un ou plusieurs condensateur(s) changent de valeur par application d'un signal mécanique. L'accéléromètre comprend une ou plusieurs (multi-axe) masses -qui détectent la gravité et l'accélération. La force générée sur la masse est ensuite jaugée par un ressort silicium qui la transforme en déflexion ; celle-ci sera détectée comme l'écart entre 1 ou plusieurs paires de plaques de condensateur. Notre technologie permet d'obtenir facilement différents niveaux d'amortissement en modifiant la pression du gaz dans la cavité où se situe la masse. Les niveaux d'amortissement courants sont le suramortissement, l'amortissement critique et l'amortissement faible. Les éléments multi-axes sont générés par déplacement du centre de gravité de la masse par rapport à la suspension à ressort, ce qui déplace l'axe de rotation. Les ressorts sont en silicium monocristallin, d'où une fonction de transfert très stable, avec une variation du gain en fonction de la température proche de celle de la constante élastique du silicium, c'est à dire inférieure à 1% pour 100°C, ce qui est facile à rattraper. Les structures symétriques ont un effet autocompensateur interne qui donne un point zéro très stable dans le temps et quelles que soient les variations de température. Le signal fort de l'élément détecteur simplifie la conception de l'interface électronique et permet de l'optimiser pour une très faible puissance, une très haute résolution ou une grande vitesse (peu de filtrage).

Le capteur de vitesse angulaire, ou gyro, utilise l'effet Coriolis. Un mouvement angulaire (dans ce cas, vibratoire) est imprimé à la masse. Une vitesse angulaire extérieure perpendiculaire à ce déplacement génèrera une force proportionnelle à la fois au mouvement vibratoire et à la vitesse angulaire, et qui sera perpendiculaire aux deux. Cette force de Coriolis est détectée par des capteurs capacitifs synchronisés. Des structures symétriques garantissent la stabilité et ont moins de sensibilité transverse à l'accélération linéaire ou angulaire.

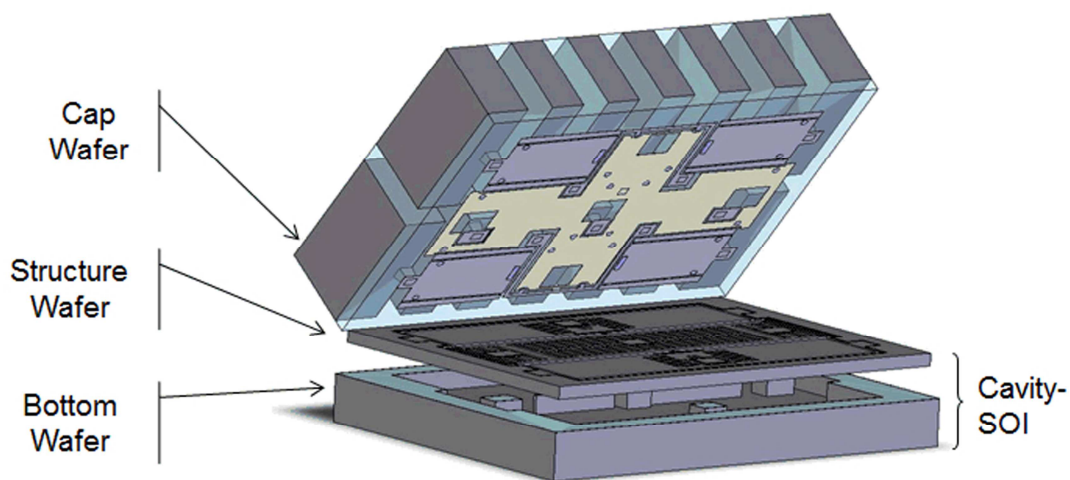


Figure 1 – Principaux éléments d'un gyro hautes performances

Sa connaissance de la demande des différents marchés et des applications a amené Murata à concevoir deux types de gyroscopes. Le premier, destiné à obtenir des performances et une fiabilité optimales, et le second, pour une consommation minimum. Le gyroscope hautes performances à faible bruit est généralement utilisé dans l'automobile et l'instrumentation. Le dispositif à faible consommation sera plutôt choisi pour les biens de consommations sur batteries comme les téléphones portables ou les GPS. Le gyroscope automobile comporte un seul axe, alors que le gyro grand public est un dispositif à 3 axes avec une seule masse et des électrodes de détection différentes pour les 3 axes.

Pour choisir un gyroscope MEMS, l'ingénieur doit donc lire attentivement les spécifications techniques du fabricant. Pour les systèmes de sécurité automobile, et en particulier pour le contrôle dynamique de conduite, le principal critère est la fiabilité, tant en termes de stabilité que de durabilité, car ils sont destinés à être utilisés dans des conditions difficiles. Généralement, le capteur doit être capable d'effectuer plus de 3000 cycles sur une plage étendue de températures de -40° à $+105^{\circ}\text{C}$. Fonctions capteur – rechercher une sensibilité du signal de sortie d'environ 2% par rapport au signal d'entrée et une plage de mesure de l'ordre d'une rotation de 100° par seconde. De même, la précision directionnelle relevée doit être inférieure à 1° et le point zéro à environ $1,5^{\circ}$ par seconde. Il est également important d'éliminer tout risque d'interférence électromagnétique.

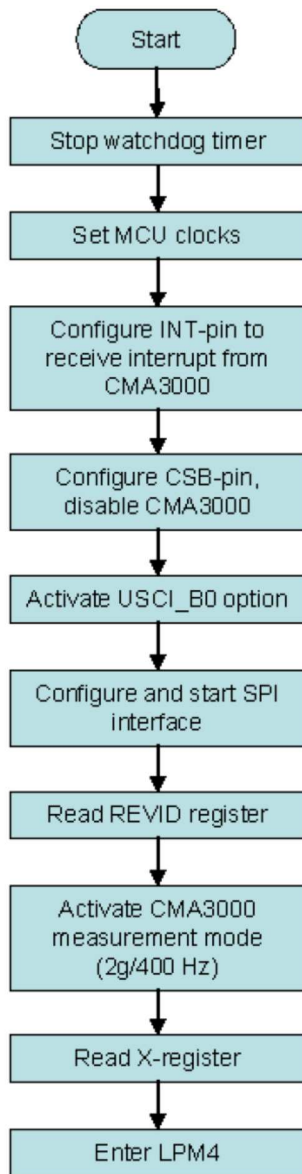
Dans les instruments de navigation et autres dispositifs de haute précision, il faut ajouter aux précédents critères celui du bruit. Le bruit blanc, le bruit en $1/f$ et la résolution sont importants, tout comme le fait d'éviter la "détection au hasard" provoquée par le bruit blanc, et la stabilité, conséquence du bruit en $1/f$ et de la dérive du capteur. Plusieurs influences sur la stabilité doivent être maintenues à un niveau minimum, et tout particulièrement le comportement en température et la sensibilité à l'accélération linéaire.

Dans les applications grand public, et en particulier dans les systèmes AHRS 6D (Système de référence d'attitude et d'orientation) portables à six degrés de liberté comme ceux qui sont utilisés dans les drones, l'objectif est de parvenir à un capteur très bon marché, compact et peu gourmand en énergie qui ait une plage de mesure adéquate de l'ordre de 1000 à 2000 degrés par seconde.

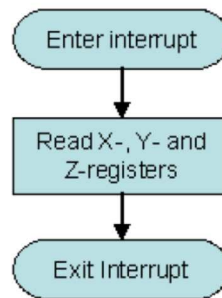
L'insensibilité aux vibrations, le faible niveau sonore et une bonne stabilité à court terme sont également importants.

Les capteur gyroscopique à sortie digitale sont généralement connectés via un bus I²C ou SPI. Ainsi, l'interface SPI du gyroscope MEMS SCA100T de Murata possède une interface série synchrone 4 fils. La communication des données est activée par Slave Select ou Chip Select actif à l'état bas. Les données sont transmises par une interface 3 fils : 1 pour l'entrée des données série (MOSI), 1 pour la sortie des données série (MISO) et un pour le signal d'horloge (SCK). L'interface SPI est conçue pour supporter tout microcontrôleur qui utilise le bus SPI. La communication peut s'effectuer par une SPI logicielle ou matérielle.

Main function



Port 2 interrupt service routine



La figure 2 montre un exemple d'organigramme pour l'accéléromètre grand public ultra basse consommation CMA3000 de Murata.

La figure 4 illustre un exemple d'application associant un gyroscope, un accéléromètre et un magnétomètre pour une application AHRS 6 DoF destinée à un smart phone. Tous les capteurs communiquent par le même bus PCB, dans ce cas un I²C. Le processeur de l'application utilise le système d'exploitation Android et les pilotes des capteurs se situent au niveau du noyau. La fonction de fusion des capteurs, qui associe tous les signaux des capteurs, est mise en œuvre au niveau de la couche d'abstraction matérielle (HAL). La HAL fournit au gestionnaire de capteurs les résultats des événements relatifs aux capteurs.

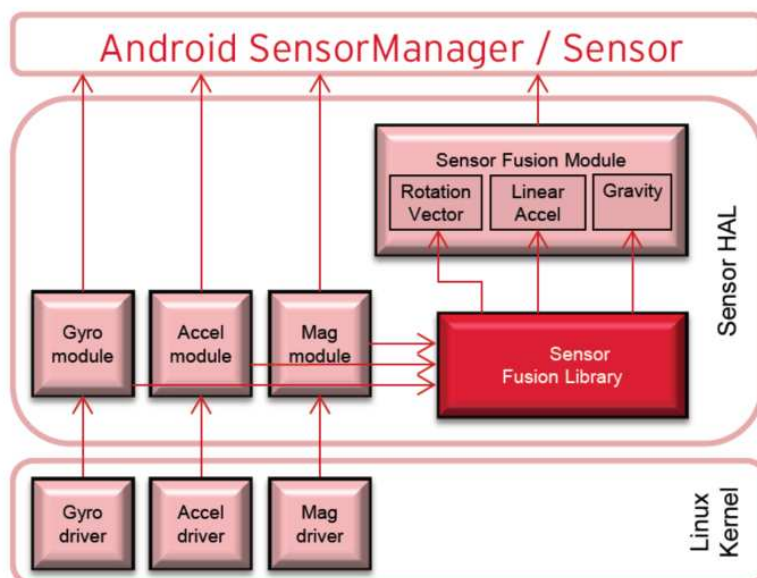


Figure 3 – Exemple d'application associant un gyroscope, un accéléromètre et un magnétomètre pour une application AHRS 6 DoF